

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2000174180
PUBLICATION DATE : 23-06-00

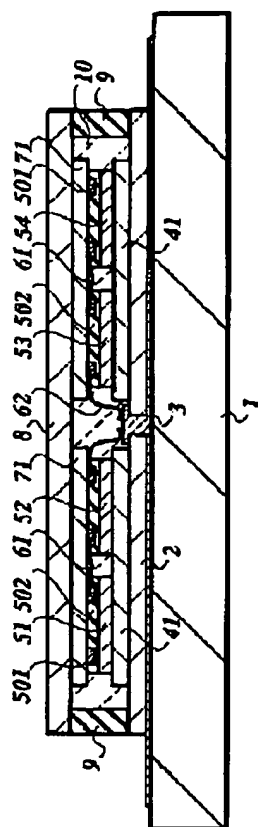
APPLICATION DATE : 02-12-98
APPLICATION NUMBER : 10343267

APPLICANT : TOSHIBA CORP;

INVENTOR : ARAKI KOJI;

INT.CL. : H01L 23/36 H01L 25/07 H01L 25/18

TITLE : SEMICONDUCTOR DEVICE



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide s semiconductor device wherein radiation efficiency of the heat generated by circuit operation of a semiconductor element is improved for improved cooling efficiency, thus achieving high capacity.

SOLUTION: Semiconductor elements 51-54 are mounted on a first heat- radiation plate 2 through a first high heat-conductivity insulating substrate 41, and a second heat-radiation plate is attached to the semiconductor elements 51-54 through a second high heat-conductivity insulating substrate 71. The heat generated at the semiconductor elements 51-54 is cooled in two directions, upper and lower. A heat sink 1 is provided below the first heat-radiation plate 2. The semiconductor elements 51-54 and the second high heat-conductivity insulating substrate 71 are tightly fitted and press-contacted with a high heat- conductivity adhesive material of a good heat conductor.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-174180

(P2000-174180A)

(43)公開日 平成12年6月23日(2000.6.23)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード(参考)
H 0 1 L 23/36		H 0 1 L 23/36	D 5 F 0 3 6
25/07		25/04	C
25/18			

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-343267

(22)出願日 平成10年12月2日(1998.12.2)

(71)出願人 595019599

芝府エンジニアリング株式会社

東京都府中市東芝町1番地

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 奥富 功

東京都府中市東芝町1番地 芝府エンジニ

アリング株式会社内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

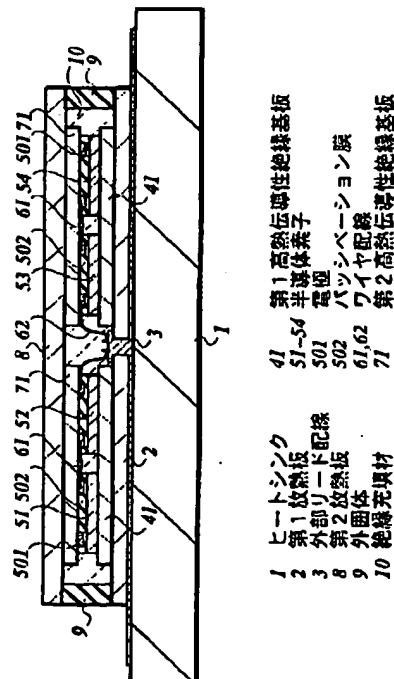
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置

(57)【要約】

【課題】 半導体素子の回路動作で発生する熱の放熱効率を向上させることができ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供する。

【解決手段】 半導体装置において、第1放熱板2上に第1高熱伝導性絶縁基板41を介在させて半導体素子51～54が実装され、この半導体素子51～54上にはさらに第2高熱伝導性絶縁基板71を介在させて第2放熱板8が装着される。半導体素子51～54で発生した熱は上下2方向から冷却される。さらに第1放熱板2下にはヒートシンク1が配設される。半導体素子51～54と第2高熱伝導性絶縁基板71との間は、熱的良導体である高熱伝導性接着材により固着され、また圧接される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1放熱板と、

前記第1放熱板上の第1高熱伝導性絶縁基板と、
前記第1高熱伝導性絶縁基板上の半導体素子と、
前記半導体素子上の第2高熱伝導性絶縁基板と、
を備えたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 前記第2高熱伝導性絶縁基板上にさらに第2放熱板を備えたことを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】 少なくとも前記半導体素子と第1高熱伝導性絶縁基板又は第2高熱伝導性絶縁基板との間が高熱伝導性接着材により固着されたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の半導体装置。

【請求項4】 少なくとも前記半導体素子と第1高熱伝導性絶縁基板又は第2高熱伝導性絶縁基板との間が圧接されたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の半導体装置。

【請求項5】 少なくとも前記第1放熱板、第2放熱板、第1高熱伝導性絶縁基板、第2高熱伝導性絶縁基板のいずれか1つの側面にさらに放熱フィンを備えたことを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置に関し、特に発熱量の大きな半導体素子を複数個集めてモジュール化した半導体装置に関する。さらに、本発明は冷却構造を有する半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】パワートランジスタを備えた半導体素子（半導体チップ）を複数個集めてモジュール化した半導体装置（モジュール型半導体装置）はその冷却効率を高めることが重要な技術的課題の1つになっている。この種の半導体装置は、放熱板と、この放熱板上に固着された高熱伝導性絶縁基板と、この高熱伝導性絶縁基板上に複数個実装された半導体素子と、高熱伝導性絶縁基板及び半導体素子を取り囲む外囲体とを備えて構築される。放熱板及び外囲体は半導体素子及び高熱伝導性絶縁基板を収納するキャビティを形成し、このキャビティ内には絶縁性ゲルが充填される。放熱板の裏面にはヒートシンクが取り付けられている。

【0003】このように構成された半導体装置においては、半導体素子の回路動作で発生する熱が高熱伝導性絶縁基板を通して放熱板に伝達され、この放熱板はヒートシンクにより冷却される。従って、半導体素子の熱による動作不良や熱破損を防止することができるので、半導体装置の信頼性を向上させることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の半導体装置においては、半導体素子で発生した熱の主な

る放熱経路が、半導体素子表面から高熱伝導性絶縁基板、放熱板のそれぞれを通過してヒートシンクに至る1つの経路（1つの方向）しか確保されていない。しかも、今後の半導体装置は少なくとも高耐圧化又は大電流化を目的とした大容量化の傾向にあり、半導体素子からの発熱量がさらに増大することが予測されている。このため、冷却能力に限界があるので、今後の半導体装置の大容量化に対処することができないという問題があった。

【0005】本発明は上記課題を解決するためになされたものである。従って、本発明の目的は、半導体素子の回路動作で発生する熱の放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することである。

【0006】さらに、本発明の目的は、放熱経路の熱抵抗を減少させることにより放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することである。

【0007】さらに、本発明の目的は、放熱面積を増加させることにより放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明の第1の特徴は、半導体装置において、第1放熱板と、第1放熱板上の第1高熱伝導性絶縁基板と、第1高熱伝導性絶縁基板上の半導体素子と、半導体素子上の第2高熱伝導性絶縁基板と、を備えたことである。さらに、この発明の第1の特徴は、半導体装置において、第2高熱伝導性絶縁基板上に第2放熱板を備えたことである。半導体素子は回路動作による熱発生量が多いパワートランジスタを備えたものであることが好ましい。特に、複数個の半導体素子でモジュールを構築した半導体装置に適用されることが好ましい。第1放熱板、第2放熱板にはそれぞれ熱抵抗値の小さいCu板、AlN板が実用的に使用できる。第1高熱伝導性絶縁基板、第2高熱伝導性絶縁基板には、それぞれ、AlN基板の両面にAl層を形成したダイレクトボンディングアルミニウム（DBA）基板、AlN基板の両面にCu層を形成したダイレクトボンディング銅（DBC）基板が実用的に使用できる。第1放熱板の周囲、第2放熱板の周囲には外囲体が配設されており、第1放熱板、第2放熱板及び外囲体で形成されるキャビティ内部に半導体素子が収納されるとともにこのキャビティ内部には絶縁充填材が充填されることが好ましい。絶縁充填材には絶縁性ゲル、好ましくはシリコーンゲルやフッ素ナートが実用的に使用できる。第1放熱板、第2放熱板の少なくともいずれか一方にはヒートシンクが配設されることが好ましく、ヒートシンクは少なくともいずれかの放熱板を冷却することができる。このように構成される半導体装置において

は、半導体素子の回路動作で発生する熱の放熱経路は、第1高熱伝導性絶縁基板及び第1放熱板を通過する経路と、第2高熱伝導性絶縁基板及び第2放熱板を通過する経路との半導体素子の上下2方向に確保することができる。つまり、放熱経路が複数化されることで放熱経路の熱抵抗を減少させることができる。さらに加えて、放熱経路に熱抵抗が小さい第1及び第2高熱伝導性絶縁基板を介在させているので、放熱経路全体の熱抵抗をさらに減少させることができる。従って、半導体素子で発生した熱の放熱効率を向上させ、半導体装置の冷却効率を向上させることができる。

【0009】この発明の第2の特徴は、第1の特徴の半導体装置において、少なくとも半導体素子と第1高熱伝導性絶縁基板又は第2高熱伝導性絶縁基板との間が高熱伝導性接着材により固着されたことである。高熱伝導性接着剤による固着は、少なくとも半導体素子の電極が配設された面と高熱伝導性絶縁基板との間で行われる必要があり、半導体素子の下面に電極が配設される場合には第1高熱伝導性絶縁基板との間で、半導体素子の上面に電極が配設される場合には第2高熱伝導性絶縁基板との間で行われる。高熱伝導性接着材には半田(Pb-Sn合金)、Agろう、Cuろうのいずれかが実用的に使用できる。このように構成される半導体装置においては、半導体素子の電極が配設された面と第1又は第2高熱伝導性絶縁基板との間の微小な隙間を熱抵抗の小さい高熱伝導性接着材で埋め込み、放熱経路の熱抵抗を低減させることができるので、冷却効率をより一層向上させることができる。

【0010】この発明の第3の特徴は、第1の特徴又は第2の特徴の半導体装置において、少なくとも半導体素子と第1高熱伝導性絶縁基板又は第2高熱伝導性絶縁基板との間が圧接されることである。圧接は、少なくとも半導体素子の電極(ボンディングパッド)が配設された面と高熱伝導性絶縁基板との間で行われる必要があり、半導体素子の下面に電極が配設される場合には第1高熱伝導性絶縁基板との間で、半導体素子の上面に電極が配設される場合には第2高熱伝導性絶縁基板との間で行われる。圧接は第1放熱板と第2放熱板との間を締め付けるボルト締結により行うことが好ましい。さらに、圧接はプレス機械により行うこともできる。このように構成される半導体装置においては、半導体素子の電極が配設された面と第1又は第2高熱伝導性絶縁基板との間の真実接触面積を増加させ(双方の接触を点接触から面接触に代え)、放熱経路の熱抵抗を低減させることができるので、冷却効率をより一層向上させることができる。

【0011】この発明の第4の特徴は、第1の特徴乃至第3の特徴のいずれかの半導体装置において、少なくとも第1放熱板、第2放熱板、第1高熱伝導性絶縁基板、第2高熱伝導性絶縁基板のいずれか1つの側面にさらに

放熱フィンを備えたことである。このように構成される半導体装置においては、第1放熱板、第2放熱板、第1高熱伝導性絶縁基板、第2高熱伝導性絶縁基板のいずれかの放熱面積を増加させることができるので、放熱効率をより一層向上させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0013】(第1の実施例)図1は本発明の実施の形態の第1の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。図1に示すように、半導体装置は、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される。

【0014】第1放熱板2の周囲と第2放熱板8の周囲との間には外囲体9が配設される。この外囲体9、第1放熱板2及び第2放熱板8は内部がキャビティとなる密閉封止体を構築し、密閉封止体のキャビティ内部には半導体素子51～54、第1高熱伝導性絶縁基板41及び第2高熱伝導性絶縁基板71が収納される。キャビティ内部には絶縁性充填材10が充填される。絶縁性充填材10には第1の実施例において絶縁性ゲル、詳細にはシリコーンゲルが使用される。

【0015】第1放熱板2の裏面側にはヒートシンク1が取り付けられ、第1の実施例においてはヒートシンク1は半導体装置の下側片面だけに取り付けられる。ヒートシンク1は、半導体素子51～54の回路動作で発生し第1高熱伝導性絶縁基板41を通して第1放熱板8に伝達された熱を冷却する機能を有する。ヒートシンク1には例えばCu製水冷ヒートシンクが実用的に使用できる。また、ヒートシンク1にはCu製空冷ヒートシンクを使用してもよい。

【0016】第1放熱板2、第2放熱板8にはいずれも熱的良導体である例えばCu板、AlN板が実用的に使用できる。第1放熱板2とヒートシンク1の間には一端側が半導体装置の外部に導出され、他端側が前述の密閉封止体のキャビティ内部に導出された外部リード配線3が配設される。外部リード配線3は例えばCu薄膜で形成され、詳細に図示していないが外部リード配線3の表面には両端部(接続部)を除き絶縁コーティングが施されている。

【0017】第1高熱伝導性絶縁基板41、第2高熱伝導性絶縁基板71のそれぞれには、熱的良導体であるAlN基板の両面にAl層を形成したダイレクトボンディングアルミニウム(DBA)基板、又はAlN基板の両面にCu層を形成したダイレクトボンディングカッパー(DBC)基板を実用的に使用することができる。

【0018】半導体素子51～54は第1の実施例において半導体チップ(Siチップ)で形成されており、半導体素子51～54にはいずれも少なくともIGBT、IGBT等のパワートランジスタ又は高耐圧トランジスタが搭載される。第1の実施例において半導体素子51～54はいずれも第1高熱伝導性絶縁基板41の表面上にフェースアップ方式で実装される。図2は半導体素子51～54の表面部分の拡大断面図である。半導体素子51～54の表面上にはトランジスタの端子から導出された外部接続用電極(ボンディングパッド)501が配設される。電極501の表面中央部はバッシベーション膜502に形成されたボンディング開口503から露出されており、このボンディング開口503を通して電極501の表面にはワイヤ配線61の一端側がボンディングされ、双方の間が電氣的に接続される。図1に示すように、ワイヤ配線61の他端側は他の半導体素子51～54のいずれかの電極501にボンディングされる。また、半導体素子51～54の電極501と外部リード配線3の他端側との間はワイヤ配線62を通して電氣的に接続される。ワイヤ配線61、62にはいずれも例えばCuワイヤ配線、Alワイヤ配線、Auワイヤ配線等が実用的に使用できる。

【0019】図2に示すように、半導体素子51～54のそれぞれと第2高熱伝導性絶縁基板71との間は、半導体素子51～54のそれぞれの電極501が配設された側のバッシベーション膜502の表面と第2高熱伝導性絶縁基板71の裏面との間に高熱伝導性接着材101を介在させて、熱的かつ機械的に固着される。高熱伝導性接着材101には熱的良導体である例えば半田、好ましくはPb-Sn合金、さらに好ましくはPb-Sn共晶合金が実用的に使用できる。

【0020】同図2に示すように、半導体素子51～54のそれぞれのバッシベーション膜502の表面や第2高熱伝導性絶縁基板71の裏面には微視的に見れば微小な凹凸が存在し、単純に接触させた場合には双方の界面にランダムに隙間が発生する。第1の実施の形態に係る半導体装置においては、このような微小な隙間に熱的良導体である高熱伝導性接着材101を埋込み、半導体素子51～54のそれぞれと第2高熱伝導性絶縁基板71との間の熱抵抗を減少させることができる。第1の実施例において半導体素子51～54のそれぞれは第1高熱伝導性絶縁基板41上にフェースアップ方式で実装されているので、半導体素子51～54のそれぞれと第2高熱伝導性絶縁基板71との間に高熱伝導性接着材101が形成されているが、第1高熱伝導性絶縁基板41上にフェースダウン方式で半導体素子51～54のそれぞれが実装される場合には第1高熱伝導性絶縁基板41と半導体素子51～54のそれぞれとの間に高熱伝導性接着材101が形成される。なお、高熱伝導性接着材101においては、高温での使用になってしまうが、Agろう

やCuろうを使用することができる。

【0021】図4は本発明の実施の形態の各実施例(第1の実施例～第13の実施例)に係る構成(積層構造)、接続形式、通電による半導体素子の温度上昇値のそれぞれの関係を示す図である。同図4に示すように、第1の実施例に係る半導体装置の構成は、下記のように各記号を定義した場合、 $D+C/B/A+B/C$ で表すことができる。

A: 半導体素子(51～54)
B: 高熱伝導性絶縁基板(41, 71)
C: 放熱板(2, 8)
D: ヒートシンク(1)
/: 固着
+: 圧接

さらに、図4には第1高熱伝導性絶縁基板41及び第2高熱伝導性絶縁基板71の具体的な構造(Al/AlN/Al)、絶縁充填材10の具体的な材料(シリコーンゲル)のそれぞれが表記されている。ここで、図4に示す初段には各実施例と構成並びに温度上昇特性とを比較するための比較例に係る半導体装置の構成等を表記した。図3は比較例に係る半導体装置の断面構造図である。この比較例に係る半導体装置は、放熱板21上に高熱伝導性絶縁基板40を配設し、この高熱伝導性絶縁基板40上に半導体素子59A及び59Bを実装したものである。第1の実施例に係る半導体装置と同様に、放熱板21下にはヒートシンク1が配設され、半導体素子59A及び59B等は絶縁充填材10で被覆される。

【0022】比較例に係る半導体装置において、通電を行い、半導体素子59A及び59Bの温度上昇を測定すると、20℃から120℃まで上昇し、100℃の温度上昇が測定された。なお、半導体素子59A及び59Bの温度は、直接測定することができなかったもので、ヒートシンク1の温度測定を行い、この測定結果から熱抵抗値等の伝熱計算により算出したものである。

【0023】この比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第1の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.75という結果が得られた。

【0024】このように構成される第1の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54の回路動作で発生する熱の放熱経路は、第1高熱伝導性絶縁基板41及び第1放熱板2を通過する経路と、第2高熱伝導性絶縁基板71及び第2放熱板8を通過する経路との半導体素子51～54の上下2方向に確保することができ、放熱経路の複数化を実現することができる。つまり、放熱経路が複数化されることで放熱経路全体の熱抵抗を減少させることができる。さらに加えて、放熱経路に熱抵抗が小さい第1高熱伝導性絶縁基板41及び第2高熱伝導性絶縁基板71を介在させているので、放熱経路全体の熱抵抗をさらに減少させることができる。従っ

て、半導体素子51～54で発生した熱の放熱効率を向上させることができるので、半導体装置の冷却効率を向上させることができる。

【0025】さらに、第1の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54の電極501が配設された面と第2高熱伝導性絶縁基板71との間の微小な隙間を熱抵抗の小さい高熱伝導性接着材101で埋め込み、放熱経路の熱抵抗を低減させることができるので、冷却効率をより一層向上させることができる。

【0026】(第2の実施例) 図5は本発明の実施の形態の第2の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。図5に示すように、半導体装置は、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に実装された複数の半導体素子55～58と、半導体素子55～58上に配設された第3高熱伝導性絶縁基板42と、第3高熱伝導性絶縁基板42上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される。すなわち、図4に示すように、第2の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A/B/A/B/Cで表記することができる。

【0027】この半導体装置は、第2高熱伝導性絶縁基板71を中心に下側に半導体素子51～54を配設し、上側に半導体素子55～58を配設した2層構造で形成される。半導体素子51～54は第1高熱伝導性絶縁基板41上にフェースアップ方式で実装され、半導体素子55～58は第2高熱伝導性絶縁基板71上にフェースダウン方式で実装される。半導体素子55～58のそれぞれの電極503間はワイヤ配線63で電氣的に接続され、半導体素子55～58のそれぞれの電極503と外部リード配線3の他端側との間はワイヤ配線64で電氣的に接続される。

【0028】詳細に図示しないが、第1の実施例に係る半導体装置と同様に、半導体素子51～54のそれぞれと第2高熱伝導性絶縁基板71との間、半導体素子55～58のそれぞれと第2高熱伝導性絶縁基板71との間は高熱伝導性接着材101で熱的かつ機械的に固着される(図2参照)。ヒートシンク1は第1放熱板2側のみ配設される。

【0029】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第2の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.96という結果が得られた。第1の実施例に係る半導体装置に対して第2の実施例に係る半導体装置の温度上昇は若干高くなっているが、実装された半導体素子数が多い(発熱量が大きい)点、比較例に比べて温度が低い点を考慮すれば、第2の実施例に係る半導体装置においては十分な冷却効率を得られている。

【0030】このように構成される第2の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができ、加えて半導体素子51～54上にさらに半導体素子55～58を実装したので、実装密度を向上させることができる。

【0031】(第3の実施例) 図6は本発明の実施の形態の第3の実施例に係る半導体装置の半導体素子の表面部分の拡大断面図である。第3の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に圧接された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図1参照)。

【0032】但し、第3の実施例に係る半導体装置全体には製作段階において厚さ方向に圧力が加えられており、図6に示すように、少なくとも半導体素子51～54と第2高熱伝導性絶縁基板71との間が圧接されている。前述のように、半導体素子51～54のそれぞれのパッシベーション膜502の表面や第2高熱伝導性絶縁基板71の裏面には微視的に見れば微小な凹凸が存在し、単純に接触させた場合には双方は互いに突出した部分が接触する点接触になってしまう。圧接することによりこのような突出した部分は押し潰され、双方の間の接触状態は点接触から面接触に代えることができる。すなわち、双方の間の真実接触面積を増加させ、双方の界面の熱抵抗を減少させることができる。従って、図4に示すように、第3の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A+B/Cで表記することができる。

【0033】圧接は例えばプレス機械により行う。圧接は、前述の真実接触面積を最大限に増加させつつ、半導体素子51～54に搭載されたトランジスタやパッシベーション膜502に損傷を与えない程度の圧接力、例えば数kgf/mm²程度の圧接力で行われる。

【0034】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第3の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.74という結果が得られた。第3の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0035】このように構成される第3の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。さらに、第3の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54の電極501が配設された面と第2高熱伝導性絶縁基板71との間の真実接触面積を増加させ(双方の接触を点接触から面接触に代え)、放熱経路の熱抵抗を低減させることができるので、冷却効率をより

一層向上させることができる。

【0036】(第4の実施例) 第4の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第2の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に圧接された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に実装されかつ圧接された複数個の半導体素子55～58と、半導体素子55～58上に配設された第3高熱伝導性絶縁基板42と、第3高熱伝導性絶縁基板42上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図2参照)。

【0037】但し、第3の実施例に係る半導体装置と同様に、第4の実施例に係る半導体装置全体には製作段階において厚さ方向に圧力が加えられており、少なくとも半導体素子51～54と第2高熱伝導性絶縁基板71との間、第2高熱伝導性絶縁基板71と半導体素子55～58との間が圧接されている(図6参照)。すなわち、図4に示すように、第4の実施例に係る半導体装置の構成は $D+C/B/A+B+A/B/C$ で表記することができる。

【0038】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第4の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.95という結果が得られた。第4の実施例に係る半導体装置は第2の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0039】このように構成される第4の実施例に係る半導体装置においては、第3の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0040】(第5の実施例) 図7は本発明の実施の形態の第5の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。第5の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第4の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に圧接された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に実装されかつ圧接された複数個の半導体素子55～58と、半導体素子55～58上に配設された第3高熱伝導性絶縁基板42と、第3高熱伝導性絶縁基板42上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される。

【0041】但し、第5の実施例に係る半導体装置は、第4の実施例に係る半導体装置と同様に厚さ方向に圧力が加えられているが、図7に示すように圧接力をボルト締結体11により得ている。ボルト締結体110は第1放熱板2と第2放熱板8との間を締め付けるように構成されている。図4に示すように、第5の実施例に係る

半導体装置の構成は $D+C/B/A+B+A/B/C$ で表記することができる。

【0042】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第5の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.94という結果が得られた。第5の実施例に係る半導体装置は第4の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0043】このように構成される第5の実施例に係る半導体装置においては、第4の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0044】(第6の実施例) 図8は本発明の実施の形態の第6の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。第6の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例又は第3の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される。さらに、ヒートシンク1は第1放熱板2の下側だけに片側配置である。

が、第6の実施例に係る半導体装置においては、第1放熱板2の周囲と第2放熱板8の周囲との間が熱的良導体である高放熱伝導体111により少なくとも熱的に結合されている。すなわち、第6の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54から第2放熱板8、高放熱伝導体111のそれぞれを通過しヒートシンク1に至る新たな放熱経路(バイパス放熱経路)を構築することができる。高放熱伝導体111は例えばCuやAlNからなる枠体で形成される。図4に示すように、第6の実施例に係る半導体装置の構成は $D+C/B/A/B/C$ で表記することができる。

【0045】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第6の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.70という結果が得られた。第6の実施例に係る半導体装置は第1の実施例、第3の実施例に係る半導体装置を上回る冷却効率を得ることができる。

【0046】このように構成される第6の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例、第3の実施例に係るそれぞれの半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。さらに、第6の実施例に係る半導体装置においては、第2放熱板8からヒートシンク1に至る放熱経路を高放熱伝導体111で構築することができるので、放熱経路全体の熱抵抗をさらに削減することができ、冷却効率をより一層向上させることができる。

【0047】(第7の実施例) 図9は本発明の実施の形態の第7の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。第7の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が

第6の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8と、第1放熱板2と第2放熱板8（又はヒートシンク1）との間を熱的に接続する高放熱伝導体111とを備えて構築される。さらに、第7の実施例に係る半導体装置においては、第1放熱板2の下側に配設されたヒートシンク1に加えて、第2放熱板8の上側にもヒートシンク11が配設される。図4に示すように、第7の実施例に係る半導体装置の構成は $D+C-B-A/B/C+D$ で表記することができる。

【0048】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第7の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.61という結果が得られた。第7の実施例に係る半導体装置はすべての実施例中で最も高い冷却効率を得ることができる。

【0049】このように構成される第7の実施例に係る半導体装置においては、第6の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。さらに、第7の実施例に係る半導体装置においては、上下それぞれにヒートシンク1及び11を配設したので、冷却効率をより一層向上させることができる。

【0050】（第8の実施例）図10は本発明の実施の形態の第8の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。第8の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と類似するように、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71とを備えて構築される。すなわち、第8の実施例に係る半導体装置は、第2高熱伝導性絶縁基板71上に第2放熱板8が配設されておらず、第2高熱伝導性絶縁基板71の上面が絶縁充填材10で覆われていない剥き出しの状態にて形成される。この第2高熱伝導性絶縁基板71の剥き出しの状態にある表面は直接冷風が吹き付けられ空冷される。図4に示すように、第8の実施例に係る半導体装置の構成は $D+C/B/A-B$ で表記することができる。

【0051】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第8の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.83という結果が得られた。第8の実施例に係る半導体装置は、各実施例に係る半導体装置に比べて温度上昇は若干高くなっているが、第2高熱伝導性絶縁基板71の剥き出しの状態にある表面を直接冷風により空冷し

ているので、比較例に比べて十分に高い冷却効率を得ることができる。

【0052】このように構成される第8の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。さらに、第2放熱板8を配設しないので、半導体装置の冷却構造をシンプルにすることができる。

【0053】（第9の実施例）図11は本発明の実施の形態の第9の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。第9の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される。

【0054】さらに、第9の実施例に係る半導体装置は、第1高熱伝導性絶縁基板41、第2高熱伝導性絶縁基板71のそれぞれの側面周囲に放熱フィン401が装着される。放熱フィン401は機械的な切削加工やエッチング加工により簡易に製作することができる。放熱フィン401により第1高熱伝導性絶縁基板41、第2高熱伝導性絶縁基板71のそれぞれの側面の表面積は1.1～1.5倍程度増加させることができる。さらに、第9の実施例に係る半導体装置においては、第1放熱板2、第2放熱板8のそれぞれの側面周囲に放熱フィンを装着させることができる。図4に示すように、第9の実施例に係る半導体装置の構成は $D+C/B/A/B/C$ で表記することができる。

【0055】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第3の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.72という結果が得られた。第9の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置を上回る冷却効率を得ることができる。

【0056】このように構成される第9の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。さらに、第9の実施例に係る半導体装置においては、第1放熱板2、第2放熱板8、第1高熱伝導性絶縁基板41、第2高熱伝導性絶縁基板71のいずれかの放熱面積を増加させることができるので、放熱効率をより一層向上させることができる。

【0057】（第10の実施例）第10の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高

熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図1参照)。そして、第10の実施例に係る半導体装置においては、第1高熱伝導性絶縁基板41、第2高熱伝導性絶縁基板71のそれぞれがDBC(Cu/AlN/Cu)基板で形成される。図4に示すように、第10の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A/B/Cで表記することができる。

【0058】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第10の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.71という結果が得られた。第10の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置を上回る冷却効率を得ることができる。

【0059】このように構成される第10の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0060】(第11の実施例)第11の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図1参照)。そして、第11の実施例に係る半導体装置においては、絶縁充填材10にフッロリナートが使用される。図4に示すように、第11の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A/B/Cで表記することができる。

【0061】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第11の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.74という結果が得られた。第11の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0062】このように構成される第11の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0063】(第12の実施例)第12の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図1参照)。そして、図示しないが、第12の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54のそれぞれの電極501間の接続がビームリードで行われる。

ビームリードは、例えばCu板、Fe-Ni板等の電気的かつ熱的良導体を打ち抜き加工やエッチング加工でパターンニングしたものであり、第1の実施例に係る半導体装置のワイヤ配線61に比べて断面積が大きく、電流量が増加できるとともに熱抵抗を減少させることができる。図4に示すように、第11の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A/B/Cで表記することができる。

【0064】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第12の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.75という結果が得られた。第12の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0065】このように構成される第12の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0066】(第13の実施例)第13の実施例に係る半導体装置は、基本的な構造が第1の実施例に係る半導体装置と同様に、第1放熱板2と、第1放熱板2上に配設された第1高熱伝導性絶縁基板41と、第1高熱伝導性絶縁基板41上に実装された複数個の半導体素子51～54と、半導体素子51～54上に固着された第2高熱伝導性絶縁基板71と、第2高熱伝導性絶縁基板71上に配設された第2放熱板8とを備えて構築される(図1参照)。そして、図示しないが、第13の実施例に係る半導体装置においては、半導体素子51～54のそれぞれの電極501間の接続が熱的良導体であるDBC基板をベースとした配線基板で行われる。図4に示すように、第13の実施例に係る半導体装置の構成はD+C/B/A/B/Cで表記することができる。

【0067】図4に示すように、比較例に係る半導体装置の温度上昇の値を基準値1として、同様に第13の実施例に係る半導体装置の温度上昇を測定すると、相対値として0.79という結果が得られた。第13の実施例に係る半導体装置は第1の実施例に係る半導体装置と同等の冷却効率を得ることができる。

【0068】このように構成される第13の実施例に係る半導体装置においては、第1の実施例に係る半導体装置で得られる効果と同様の効果を得ることができる。

【0069】

【発明の効果】本発明は、半導体素子の回路動作で発生する熱の放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することができる。

【0070】さらに、本発明は、放熱経路の熱抵抗を減少させることにより放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させることにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することができる。

【0071】さらに、本発明は、放熱面積を増加させることにより放熱効率を向上させ、冷却効率を向上させる

ことにより大容量化を実現することができる半導体装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の第1の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図2】本発明の実施の形態の第1の実施例に係る半導体素子の表面部分の拡大断面図である。

【図3】本発明の実施の形態の各実施例と比較するための比較例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図4】本発明の実施の形態の各実施例に係る構成、接続形式、通電による半導体素子の温度上昇値のそれぞれの関係を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態の第2の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図6】本発明の実施の形態の第3の実施例に係る半導体装置の半導体素子の表面部分の拡大断面図である。

【図7】本発明の実施の形態の第5の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図8】本発明の実施の形態の第6の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図9】本発明の実施の形態の第7の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

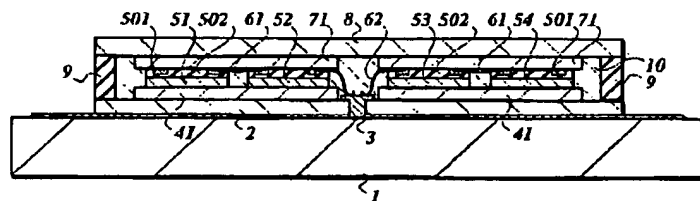
【図10】本発明の実施の形態の第8の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【図11】本発明の実施の形態の第9の実施例に係る半導体装置の断面構造図である。

【符号の説明】

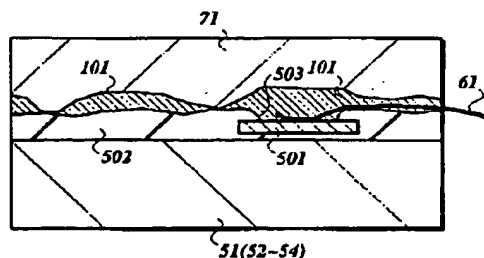
- 1, 11 ヒートシンク
- 2 第1放熱板
- 3 外部リード配線
- 41 第1高熱伝導性絶縁基板
- 42 第3高熱伝導性絶縁基板
- 51～58 半導体素子
- 501 電極
- 502 パッシベーション膜
- 61～64 リード配線
- 71 第2高熱伝導性絶縁基板
- 8 第2放熱板
- 9 外圍体
- 10 絶縁充填材
- 101 高熱伝導性接着材
- 110 ボルト締結
- 111 高放熱伝導体

【図1】



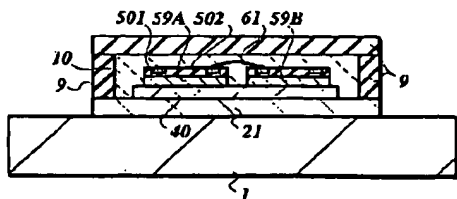
- | | |
|-----------|----------------|
| 1 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 51-54 半導体素子 |
| 3 外部リード配線 | 501 電極 |
| 8 第2放熱板 | 502 パッシベーション膜 |
| 9 外圍体 | 61, 62 ワイヤ配線 |
| 10 絶縁充填材 | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |

【図2】



- | |
|-----------------|
| 51(52-54) 半導体素子 |
| 501 電極 |
| 502 パッシベーション膜 |
| 61 ワイヤ配線 |
| 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |
| 101 高放熱伝導性接着材 |

【図3】



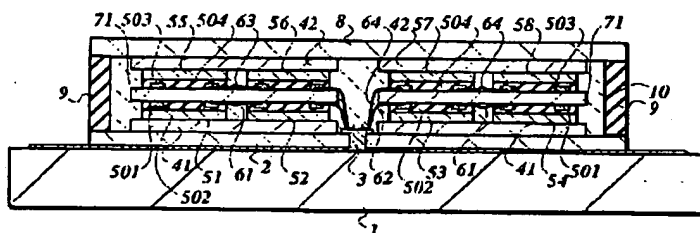
【図4】

比較例 又は 実施例	条 件			接 続 形 式	結 果 半導体素子 の 上 昇 温 度
	構 成	B 絶縁基板	絶縁充填材		
比較例	D+C/B/A	Al/AlN/Al	シリコン		1(基準)
実施例 1	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	固 着	0.75
実施例 2	D+C/B/A/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	固 着	0.96
実施例 3	D+C/B/A-B/C	Al/AlN/Al	シリコン	圧 接	0.74
実施例 4	D+C/B/A-B+A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	圧 接	0.95
実施例 5	D+C/B/A+B+A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	C 同士のボルト締結	0.94
実施例 6	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	C 同士の高熱伝導接統	0.70
実施例 7	D+C/B/A/B/C+D	Al/AlN/Al	シリコン	C 同士の高熱伝導接統	0.61
実施例 8	D+C/B/A/B	Al/AlN/Al	シリコン	B の空冷	0.83
実施例 9	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	放熱フィン装着	0.72
実施例 10	D+C/B/A/B/C	Cu/AlN/Cu	シリコン		0.71
実施例 11	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	フッ素樹脂		0.74
実施例 12	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	ヒームリード接続	0.75
実施例 13	D+C/B/A/B/C	Al/AlN/Al	シリコン	Cu/AlN/Cuで接続	0.79

A: 半導体素子 B: 高熱伝導性絶縁基板 C: 放熱板 D: ヒートシンク

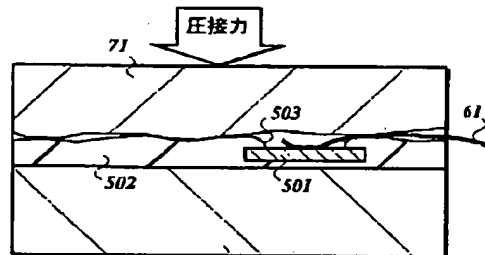
/: 固着 +: 圧接

【図5】



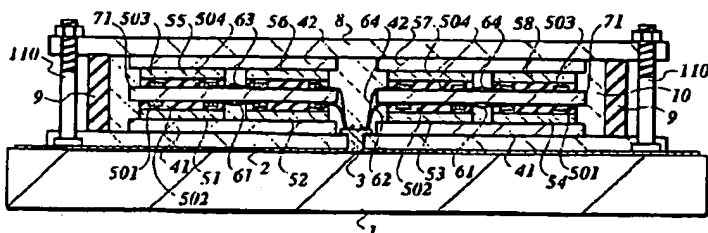
- | | |
|-----------|--------------------|
| 1 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 42 第3高熱伝導性絶縁基板 |
| 3 外部リード配線 | 51-58 半導体素子 |
| 8 第2放熱板 | 501, 503 電極 |
| 9 外固体 | 502, 504 パッシベーション膜 |
| 10 絶縁充填材 | 61-64 ワイヤ配線 |
| | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |

【図6】



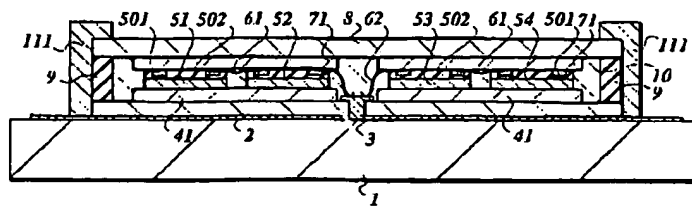
- | |
|-----------------|
| 51(52-54) 半導体素子 |
| 501 電極 |
| 502 パッシベーション膜 |
| 61 ワイヤ配線 |
| 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |

【図7】



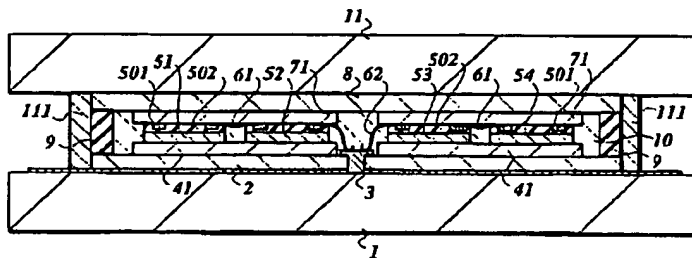
- | | |
|-----------|--------------------|
| 1 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 42 第3高熱伝導性絶縁基板 |
| 3 外部リード配線 | 51-58 半導体素子 |
| 8 第2放熱板 | 501, 503 電極 |
| 9 外固体 | 502, 504 パッシベーション膜 |
| 10 絶縁充填材 | 61-64 ワイヤ配線 |
| | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |
| | 110 ボルト締結体 |

【図8】



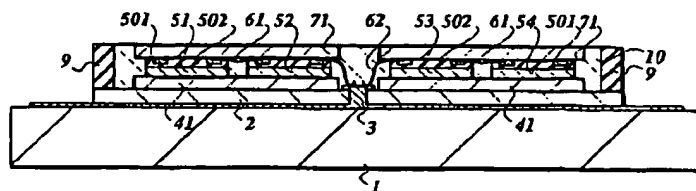
- | | |
|-----------|----------------|
| 1 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 51-54 半導体素子 |
| 3 外部リード配線 | 501 電極 |
| 8 第2放熱板 | 502 パッシベーション膜 |
| 9 外固体 | 61,62 ワイヤ配線 |
| 10 絶縁充填材 | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |
| | 111 高放熱伝導体 |

【図9】



- | | |
|-------------|----------------|
| 1,11 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 51-54 半導体素子 |
| 3 外部リード配線 | 501 電極 |
| 8 第2放熱板 | 502 パッシベーション膜 |
| 9 外固体 | 61,62 ワイヤ配線 |
| 10 絶縁充填材 | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |
| | 111 高放熱伝導体 |

【図10】



- | | |
|-----------|----------------|
| 1 ヒートシンク | 41 第1高熱伝導性絶縁基板 |
| 2 第1放熱板 | 51-54 半導体素子 |
| 3 外部リード配線 | 501 電極 |
| 9 外固体 | 502 パッシベーション膜 |
| 10 絶縁充填材 | 61,62 ワイヤ配線 |
| | 71 第2高熱伝導性絶縁基板 |

